

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**TVORBA ZÁTĚRU NA POLYMERNÍ VRSTVU
NANOVLÁKEN**

**THE CREATION OF COATING ON POLYMERIC
LAYER OF NANOFIBRES**

Petra Miková

KHT-829

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Roman Knížek

Rozsah práce:

Počet stran textu..... 48

Počet obrázků 12

Počet tabulek 24

Počet grafů..... 9

Počet stran příloh 1

Zadání bakalářské práce
(vložit originál)

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Touto cestou, bych ráda poděkovala, svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanovi Knížkovi za odborné vedení, vstřícnost, trpělivost a mnoho cenných rad při psaní této bakalářské práce.

Poděkování patří samozřejmě i mé rodině, za to že mi byli oporou a umožnili mi studovat na Technické univerzitě v Liberci. Další dík náleží i přátelům, taktéž za trpělivost a podporu, kterou mi projevovali.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je vytvoření polyuretanového zátěru na nanovláknenné vrstvě. Následně zjistit její vlastnosti týkající se paropropustnosti, větruodolnosti a výšky vodního sloupce. Pro možnost porovnání výsledků, bude polyuretanový zátěr vytvořen ve třech různých koncentracích.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Nanovláknna, nanovláknenné vrstva, paropropustnost, prodyšnost, hydrostatická odolnost, laminace, polyuretanový zátěr

Annotation

The aim of this bachelor work is the creation of a polyurethane coating on nanofibre's layer. Subsequently, I find out its attributes of paro-permeability, wind-resistance and the height of the water column. For a comparison of the results, the polyurethane's coating will be created in three different consistencies.

KEY WORDS:

Nanofibers, nanofiber's layer, permeability, wind resistance, hydrostatic resistance, lamination, polyurethane's coating

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	8
Úvod	9
1. Outdoor	10
2. Nanovlákná	10
Teoretická část	11
3. Elektrostatické zvlákňování	11
4. Nanospider	12
5. Hodnocení propustnosti textilií pro vzduch	13
6. Permetest	13
7. Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry	15
8. Hydrostatická odolnost textilií	15
9. Laminace	16
9.1 Adhezí - použitím roztoků nebo disperzních pojiv	16
9.1.1. Impregnace	16
9.1.2. stříkání pojiva na vláknennou vrstvu nebo na jednotlivé pavučiny	17
9.1.3. vzorové nanášení tiskem	17
9.1.4. nános raklí	17
9.2 Typy laminátů:	17
9.2.1. Dvouvrstvý laminát (2L)	17
9.2.2. Třívrstvý laminát (3L)	18
9.2.3. Dvou a půl vrstvý laminát (2,5L)	18
9.2.4. Volně vložená membrána	18
10. Zátěr	19
10.1. Hydrofobní zátěr – vodonepropustný	19
10.2. Hydrofilní zátěr	20
11. Mikroporézní a neporézní membrány	20
11.1. Hydrofobní (mikroporézní) membrány	20
11.2. Hydrofilní (neporézní) membrány	21
12. Polytetrafluoretylen (PTFE)	22
13. Polyamid PA6	22
14. Polyuretan (PUR)	23
Experimentální část	23
15. Příprava polyuretanového zátěru	23

15.1. N, N - dimethylformamid.....	24
16. Nanášení polyuretanového zátěru na podkladovou textilií a nanovláknennou vrstvu.....	24
17. Laminace nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem k podkladové textilií.	24
18. Paropropustnost	25
19. Hodnocení propustnosti vzduchu textilií.....	27
20. Hydrostatická odolnost textilií.....	30
Zhodnocení výsledků	32
21. Paropropustnost	33
22. Prodyšnost	36
23. Hydrostatická odolnost	39
Závěr	43
Použitá literatura:	46
Příloha č. 1 - Váha	48

Seznam symbolů a zkratk

p [%]	- relativní paropropustnost
DMF	- dimethylformamid
PES [-]	- polyester
PTFE [-]	- polytetrafluoretylenu
PUR [-]	- polyuretan
PA6	- polyamid 6
$q_o [W.m^{-2}]$	- plošná hustota tepelného toku procházející měřenou hlavicí nezakrytou měřeným vzorkem
$q_v [W.m^{-2}]$	- plošná hustota tepelného toku procházející měřenou hlavicí zakrytou měřeným vzorkem
$Ret [m^2.K/W]$	- výparný odpor

Úvod

Tato bakalářská práce, bude věnována, polyuretanovému zátěru aplikovanému na polymerní vrstvu nanovláken. Tento experiment je první svého druhu na takto upravené nanovláknenné vrstvě. Z tohoto důvodu, nejsou k dispozici, žádné předchozí výsledky pro porovnání a tím je výsledek experimentu prozatím nejasný. Aby bylo možno výsledky experimentu zhodnotit a porovnat, bude vytvořen polyuretanový zátěr o třech různých koncentracích.

Úvodní část se bude zabývat rozmáhajícím se outdoorovému trendu a samotným nanovláknům, které budou použity pro tento experiment a tedy bakalářskou práci. Teoretická část bude složena z popisu strojního zařízení pro výrobu a zpracování nanovláken, laminace, komfortu textilií, výroby a nanášení polyuretanového zátěru na nanovláknennou vrstvu.

V samotném experimentu bude popsána výroba nános polyuretanových zátěrů a provedení měření na vytvořených vzorcích. Pro přesnější výsledky bylo vytvořeno tři vzorků z každé koncentrace zátěru. Tímto postupem bylo dosaženo většího počtu naměřených výsledků a možnosti přesnějšího zpracování konečných výsledků. Měření vlastností vytvořených vzorků, probíhalo v laboratořích na katedře hodnocení textilií. Jedná se o vlastnosti prodyšnosti, paropropustnosti a hydrostatické odolnosti.

Závěrem bude uvedeno zhodnocení naměřených výsledků experimentu. Tyto výsledky, budou zpracovány, jak v grafické podobě, tak v podobě statistických údajů.

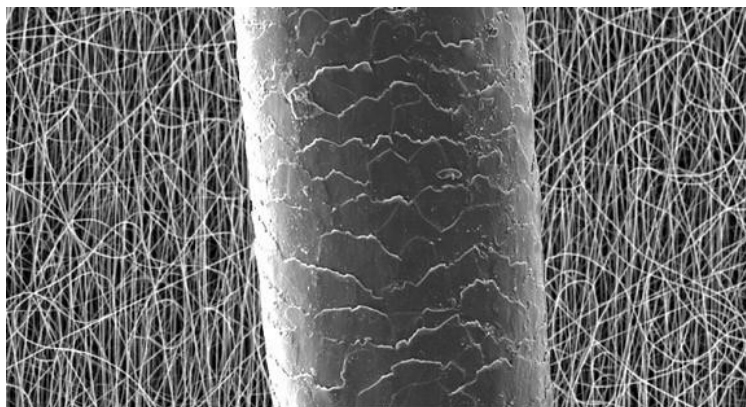
1. Outdoor

Outdoorové oblečení se vyznačuje zejména vlastností materiálu, ze kterého je vyrobeno a tím určuje i možnosti jeho využití. Jedná se o oblečení s funkcí ochrany člověka, před nepřízní počasí při jakékoliv venkovní aktivitě (horolezectví, turistika, cyklistika, lyžování, atd.). Je jasné, že outdoorové oblečení používané pro náročné zimní sporty bude mít jiné požadavky nežli sportovní oblečení využívané v létě a mírnějších klimatických podmínkách. Proto toto oblečení musí splňovat určité parametry jak ve velice náročných klimatických podmínkách tak i při nízkých teplotách. Aby byly splněny všechny tyto požadované parametry, jsou nesmírně důležité vlastnosti používaných materiálů. Jedná se především o vlastnosti jako je paropropustnost, hydrostatickou odolnost a prodyšnost. Dále se to týká také elasticnosti, účelového odvětrávání či podlepování švů. Takto upravené materiály se používají pro výrobu svrchního ošacení, bund, kalhot, vest, batohů, stanů, bot nebo funkčního termoprádla.

2. Nanovláknna

Pod pojmem nanovláknna jsi lze představit vlákna, která se svým průměrem pohybují v řádech nanometrů, lze je označit také jako tzv. submikronová vlákna. V průmyslové praxi se běžně používá rozsah průměru vláken mezi 50-500nm. Samotné nanovláknno je pouhým okem nespátřitelné a nezachytí ho ani běžný světelný mikroskop. Lze ho pozorovat pouze pomocí elektronového rastrovacího mikroskopu, jenž je schopen zachytit vlákno o menší vlnové délce nežli má světlo (ta má frekvenci 390 až 760 nm). Uvedené parametry umožňují nanovláknům disponovat speciálními vlastnostmi, jako je malá velikost pórů, velice dobré mechanické vlastnosti v poměru k váze, vysoká pórovitost a velký měrný povrch.

Je důležité zmínit, že nanovláknna se nepoužívají pouze v oblasti technických textilií, ale začínají nacházet své uplatnění i v oděvním průmyslu. Nanovláknno mají potenciál se stát součástí běžného života lidí a využívat je např. potravinářském, strojírenském, chemickém, automobilovém, zdravotnickém, vojenském, elektrotechnickém, elektronickém i kosmickém průmyslu [1].



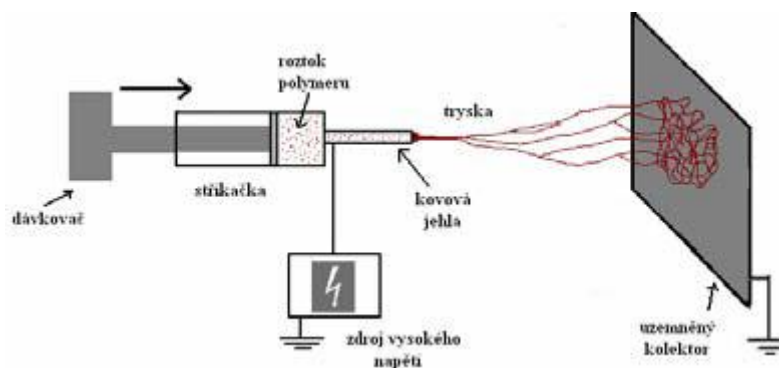
Obr. č. 1 – porovnání nanovláken s lidským vlasem, zdroj [1]

Teoretická část

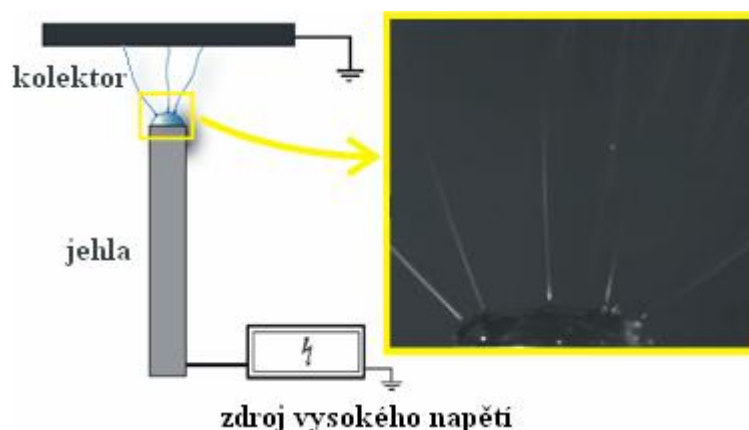
3. Elektrostatické zvlákňování

Elektrostatickým zvlákňováním roztoků polymerů lze získat vlákenné vrstvy z ultra jemných vláken tzv. nanovláken.

Technologie elektrostatického zvlákňování byla vyvinuta koncem sedmdesátých let. Je založena na formování taveniny polymeru na vlákna za působení silného stejnoměrného elektrostatického pole k vytvoření nabitého proudu polymerního roztoku nebo taveniny. K tomuto procesu jsou použity dvě elektrody. Jedna elektroda je ve tvaru kapiláry (na obr. č 2 kovová jehla), která je přímo spojena s polymerním roztokem. Druhá elektroda je v podobě destičky, která je uzemněná (na obr. č. 2 uzemněný kolektor) a postavena přímo kolmo proti vrcholu první elektrody. Samotný polymerní roztok je přímo vystaven vysokému elektrickému napětí. Zde dochází k indukci elektrického náboje v svrchní vrstvě polymerního roztoku. Pokud je elektrické pole dostatečně silné, je zde překonáno povrchové napětí kapaliny a tím dojde na hladině polymerního roztoku k vytvoření Taylorových kuželů. Následně je nabitá kapalina vytlačována a vytažené vlákno je při cestě k uzemněnému kolektoru dlouženo a štěpeno. Po odpaření rozpouštědla vlákna ztuhnou a na kolektor dopadají už suchá vlákna, která tvoří vlákennou vrstvu obr. č. 2 a 3).



Obr. č. 2 - Zvlákňování z „trysky“, zdroj[15]



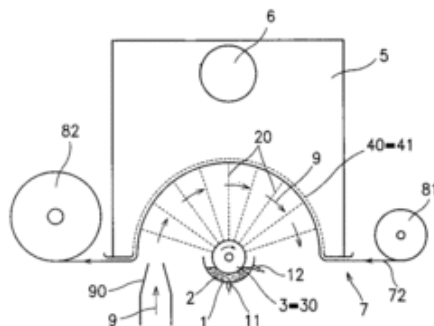
Obr. č. 3 - Zvlákňování z „tyčky“, zdroj[15]

4. Nanospider

Nanospider™ je jedinečná patentovaná technologie zvlákňování z volné hladiny roztoku polymeru v silném elektrostatickém poli bez použití trysek. Tato technologie umožňuje průmyslovou výrobu jednotlivých kontinuálních nanovláken (velikosti 50 až 500 nm) z různých polymerů.

Vynalezl ho v roce 2003 profesor Oldřich Jirsák na katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci, kde je tato technologie také patentována.

Technologie Nanospider využívá jednoduše tvarovaných elektrod, do tvarů válce. Tato elektroda je částečně ponořena do polymerního roztoku přičemž je nad ní umístěna protielektroda (tzv. kolektor), po které je veden podkladový materiál, na kterém je vytvářeno nanovláknko. Technologie Nanospider je založena na objevu, že je možné vytvořit Taylorovy kužely na tenké vrstvě polymerního roztoku. Tato technologie je velmi flexibilní, tím umožňuje výrobu nanovláknenné vrstvy, která zcela vyhovuje parametrům konečného produktu [11, 12].



Obr. č. 5 – zařízení Nanospider pro výrobu nanovláken elektrostatičným zvlákňováním, zdroj [13]

5. Hodnocení propustnosti textilií pro vzduch

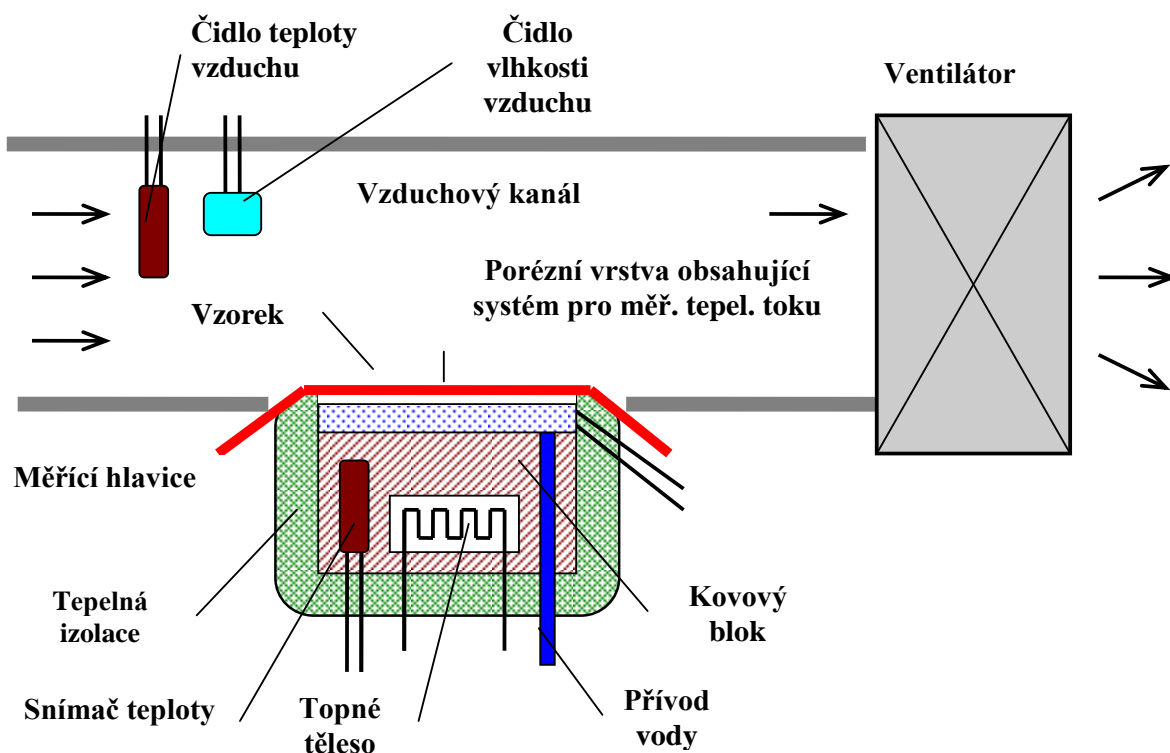
Pokud je člověk vystaven velké fyzické zátěži, je nutno odvádět vytvořené teplo. Toto teplo je z oděvu odváděno do vnějšího prostředí, pouze však za dodržení podmínek dostatečně prodyšného oděvu, a pokud je vzduch vně chladnější nežli uvnitř. Prodyšnost textilií patří mezi velice důležitou vlastnost v odvětví outdooru, kterou je potřeba zjišťovat a hodnotit. Prodyšnost se týká téměř všech druhů oděvů, např. dresy-zde je vyžadována vysoká schopnost oděvu propouštět vzduch, ale u oblečení v nepříznivých vysokohorských podmínkách je naopak vysoká propustnost vzduchu velmi nežádoucí [2].

Definice prodyšnosti je dána rychlostí proudu vzduchu kolmo procházejícího plochou skutečného vzorku při stanovení tlakového spádu a času [2].

Prodyšnost nanovláknenné vrstvy se zátěrem byla měřena na přístroji FX 300 švýcarské firmy TEXTTEST 3330 AG.

6. Permetest

Přístroj permetest je založen na přímém měření tepelného toku q procházejícího povrchem tohoto tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní a je zavlhčován, čímž se simuluje funkce ochlazování pocením. Na tento povrch je přiložen přes separační folii měřený vzorek. Vnější strana vzorku je ofukována [2]. Schématicky znázorněný permetest je vidět na obr. č. 2.



Obr. č. 6 – permetest, zdroj [2]

Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržován na teplotě okolního vzduchu ($20 - 23^{\circ}\text{C}$), který je do přístroje nasáván. Tím jsou zajištěny izotermické podmínky měření. Během měření se vlhkost v porézní vrstvě mění v páru, která prochází skrz separační fólii vzorkem. Výparný tepelný tok je následně změřen snímačem a jeho hodnota je úměrná paropropustnosti textilie nebo nepřímě měrná jejímu výparnému odporu. V obou případech se však nejdříve měří tepelný tok bez vzorku a následně se vzorkem. Přístroj zaregistruje oba odpovídající tepelné toky q_o a q_v .

Při měření tepelného odporu textilního vzorku je suchá měřicí hlavice udržována na teplotě o $10-20^{\circ}\text{C}$ vyšší než je teplota okolního vzduchu. Tepelný tok odváděný ze vzorku konvekcí do okolního proudícího vzduchu je opět registrován.

Výhodou je krátká doba měření a možnost provádět měření v jakýchkoliv běžných klimatických podmínkách [2].

7. Stanovení relativní propustnosti pro vodní páry

Přístroj měří relativní propustnost textilií pro vodní páry p [%], což je nenormalizovaný, ale velmi praktický parametr, kde 100% propustnost představuje tepelný tok q_o vyvozený odparem z volné vodní hladiny o stejném průměru jaký má měřený vzorek. Zakrytí této hladiny měřeným vzorkem se pak tepelný tok sníží na hodnotu q_v , platí [2]:

$$p = 100 (q_v / q_o) [\%]$$

Stanovení výparného odporu:

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_o^{-1})$$

8. Hydrostatická odolnost textilií

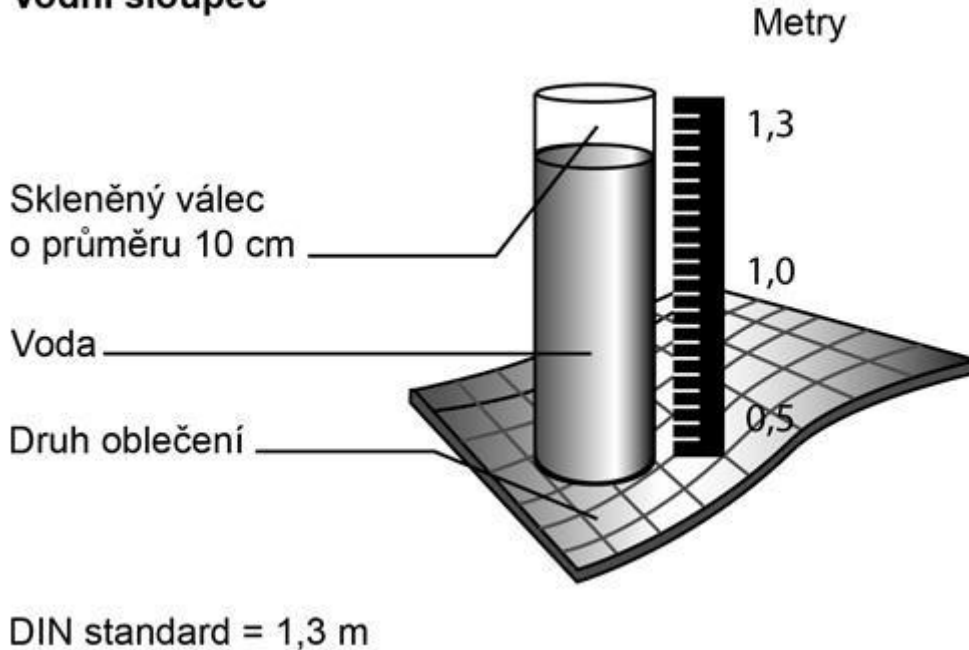
Polopropustné textilie jsou nepropustné pro kapalnou vlhkost jen do určité míry. Hustě dostavené mikrovlákně tkaniny jsou nepropustné až do hydrostatického tlaku 0,5 - 1 m, což je nepostačující v místech, kde je zvýšený tlak, např. pod popruhy batohů a jiných místech, kde tento tlak způsobuje tzv. klínový efekt.

Tento parametr se stal velice důležitým aspektem při výrobě outdoorového oblečení. Čím je hydrostatická odolnost materiálu vyšší, tím je lepší nepromokavost materiálu.

Hydrostatická odolnost se v dnešní době běžně uvádí na oblečení, kde je uvedena ve formě „výška vodního sloupce“. Tento údaj je pouze pomocný, kterým se vyjadřuje schopnost materiálu odolávat tlaku vody. Udáván je nejčastěji v mm a dle normy EN 811 je voděodolný výrobek od hodnoty 1 300mm. Přesto stále platí rovnice čím vyšší hodnota hydrostatické odolnosti, tím lepší nepromokavost. Tato vlastnost materiálu se používá například u stanů, bund, kalhot, spacáků a jiných outdoorových výrobků.

Proces měření hydrostatické odolnosti je založen na postupně se zvyšujícím tlaku destilované vody vyústěné pod testovanou textilií o ploše 1 dm². Měření se zastaví ve chvíli, kdy se na povrchu testované textilie objeví první 3 kapky vody, nebo když dojde k destrukci testovaného materiálu [2]. Pro snadnější výklad, si lze měření hydrostatické odolnosti, představit jako skleněný válec o průměru 10 cm, který je naplněn vodou a přiložen na tkaninu obrázek č. 3. Je zde zachovány principy prvních tří kapek na povrchu materiálu. Naměřená hodnota je uváděna na výrobcích [3].

Vodní sloupec



Obr. č. 7 – - zjednodušené měření hydrostatické odolnosti, zdroj [3]

9. Laminace

Pojem laminát v textilní terminologii označuje spojení dvou a více textilního či netextilního materiálu. Pro účely této bakalářské práce se budeme věnovat laminaci membrán a zátěrů. Tudíž základním prvkem laminátu bude právě membrána a zátěr.

Jak už bylo řečeno, laminování je spojování dvou a více vrstev. Toto spojení lze provádět různými způsoby, blíže se podíváme na spojování pomocí adheze, která byla použita v experimentu:

9.1 Adhezí - použitím roztoků nebo disperzních pojiv

K nanášení disperzí pojiva na vláknennou vrstvu se využívá operací

9.1.1. Impregnace

Při nanášení pojiva impregnací je zpevněná, před zpevněná nebo nezpevněná vláknenná vrstva vedena nádrží s disperzním pojivem. Přitom dojde k prosycení vrstvy disperzí. Dále je vrstva vedena dvojicí válců, mezi nimiž je odždímána. Ve vrstvě zbude požadované množství disperze regulovatelné přitlakem ždímacích válců. Následně je vyvolána koagulace pojiva, odstranění vody a případně sítování.

9.1.2. stříkání pojiva na vlákennou vrstvu nebo na jednotlivé pavučiny

Podstatou technologie je rozstříkávání pojiva nad vlákennou vrstvou. Kapičky pojiva dopadají na povrch vlákenné vrstvy a ulpívají na vláknech převážně v blízkosti povrchu vrstvy. Pro rovnoměrnější rozmístění pojiva na textilií je využíváno stříkání z obou stran v kombinaci s podtlakovým prosáváním. K rozstříkávání pojiva je využíváno stříkacích pistolí známých i z jiných oborů (lakování, malířství pokojů, ošetřování ovocných stromů) nebo zařízení pro rozstříkávání rotujícím kartáčem, případně hladkým válcem

9.1.3. vzorové nanášení tiskem

Cílem nanášení tiskem je nespojitý nános pojiva v ploše textilie, který plochu textilie dělí na části propojené, zajišťující vzájemnou soudržnost vláken a nepropojené části s vysoce pohyblivými úseky vláken. Nejpoužívanějšími postupy jsou tisk vzorovanými válci a perforovanými rotačními šablonami.

9.1.4. nános raklí

Při nánosu raklí je pojivo rozstíráno zejména na povrch textilie. Pojivo je přiváděno potrubím do zásobní nádržky nebo vratně se pohybující hadicí po šíři textilie [20].

9.2 Typy laminátů:

9.2.1. Dvouvrstvý laminát (2L)

Ze samotného názvu vyplývá, že u tohoto typu laminátu, se jedná o laminát složený ze dvou vrstev. První vrstvu tvoří vnější (vrchní) tkanina, na kterou je nalaminována vrstva druhá a tou je membrána. U oděvů je pak tato membrána ještě chráněna síťovanou podšívkou. Tento typ laminátů je nejparopropustnější a levnější. Ovšem ochrana membrány je velmi nízká

9.2.2. Třívrstvý laminát (3L)

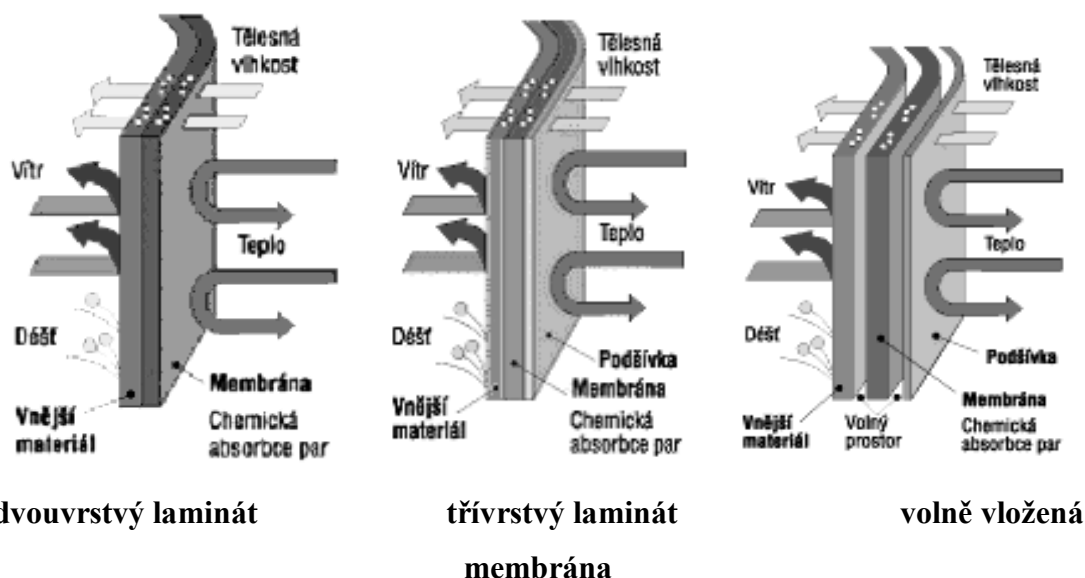
U tohoto druhu laminátu je v porovnání s dvouvrstvým laminátem navíc nalaminována na membránu ještě podšívka. Všechny tři vrstvy (vnější (vrchní) tkanina, membrána a podšívka) tedy tvoří díky laminaci jeden celek. Tento laminát je ze všech nejodolnější, tím je zaručena i vyšší ochrana membrány a životnost výrobku, vyšší mechanická odolnost materiálu, ale zároveň s tím i vyšší cena. Tento laminát je velice vhodný pro náročné až extrémní podmínky. v poslední době se na trhu ve větší míře objevují i odlehčené 3L lamináty, které svojí hmotností a objemem konkurují i 2,5 vrstvým laminátům.

9.2.3. Dvou a půl vrstvý laminát (2,5L)

Laminát tohoto typu je v podstatě odlehčený 3L laminát bez nalaminované podšívky. Membrána je zde chráněna ochranným filmem, takže není zapotřebí ji chránit volnou síťovanou podšívkou jako u 2L laminátů. Tím se je membrána méně chráněná vůči mechanické odolnosti a je více náchylná na poškození, nežli u třívrstvých laminátů. Přesto má tento druh laminace i své výhody např. nízká hmotnost a skladnost. Bundy z dvou a půl vrstvých laminátů jsou vhodné především jako záložní bundy, bundy na turistiku či do města[5].

9.2.4. Volně vložená membrána

Toto uzpůsobení není přímo laminátem. Membrána je volně zavěšena mezi vnější materiál a podšívku. Problémem je příliš nízká ochrana membrány a vyšší cena kvůli složitému zpracování.



Obr. č. 8 - druhy membrán [2]

26. Zátěr

Pod pojmem „zátěr“ se rozumí pevný film o jedné či více vrstvách, jenž je nanesen nátěrem na tkaninu a je pružný. Zátěrem se vytvoří tzv. klimatická membrána. Jedná se o trvalou impregnaci, která je nanášena přímo na materiál v různě silných vrstvách. Obecně má horší poměr nepromokavosti a paropropustnosti než membrána.

Obecně se hodnoty zátěru, co se týče nepromokavosti, prodyšnosti i paropropustnosti různí. Zátěr má, nižší paropropustnost a stejně tak i nepromokavost. Samozřejmě se tyto vlastnosti mění i s typem zátěru.

10.1. Hydrofobní zátěr – vodonepropustný

Jedná se o povrstvení nebo zatírání latexy či pryskyřicemi (polyvinylchlorid, polyuretan, akrylové nanosy, chloroprenový kaučuk, apod.). Hydrofobní druh zátěru je pružný ale zároveň se dá mluvit o pevném filmu, který je paropropustnostný a tím se nošení takového zátěru stává nehygienickým. Pro tyto vlastnosti se tento druh zátěru používá například u plachtovin či svrchních oděvů, ale pouze na místní použití (např. sedla, náramenice, zesílení v namáhavých místech – kolena), dále u batohů a stanů.

10.2. Hydrofilní zátěr

Zde se jedná o PUR modifikovaný polyoxidem nebo PUR modifikovaný PVA. Tento zátěr vytvoří na textilií film, který svou elasticitou a uzavřeným orientovaným uspořádáním molekul zamezuje vniknutí vody. Mezi hydrofilní a hydrofobní částí je rovnováha a tím je zajištěna dostatečná pružnost, propustnost pro vodní páry, ale při mechanickém namáhání se vrstva zátěru může porušit (např. při praní) pro zachování vlastností zátěru membránu nenavivujeme [6, 16].

11. Mikroporézní a neporézní membrány

11.1. Hydrofobní (mikroporézní) membrány

Jejich princip je založen na určitém poměru velikosti pórů k velikosti molekuly vody a vodní páry. Společnost Gore-tex uvádí, že póry membrány jsou zhruba 20 000 x menší než kapka vody a zároveň až 700 x větší než molekuly vodní páry. Tím jsou póry prostupné pro samotné molekuly vodní páry, ale pro kapku vody jsou příliš malé. Velikost pórů se pohybuje v desetinách mikrometrů.

Výhodou mikroporézních membrán je, dosažení vysokých hodnot paropropustnosti (přes 20 000 g/m²/24 hod) i vodního sloupce (i více než 20 m v. s.). Naopak nevýhodou těchto mikroporézních membrán je vysoká pravděpodobnost zanášení průběhem používání např. nečistotami, tukovými částicemi a solemi. Tímto ucpáním póru se samotná membrána a její vlastnosti znehodnocují. Proto, výrobci mikroporézních membrán, přistupují k různým úpravám, aby byly kladné vlastnosti membrán zachovány. Dalším nezbytným hlediskem, u tohoto druhu membrán, je jejich údržba. Je nutné používat pouze vhodné prostředky nezanechávající v materiálu rezidua, která pak funkčnost materiálu poškozují [6].

Gore-Tex.

Jedná se o mikroporézní membránu, která se vyrábí z polytetrafluoretylenu (PTFE) tažením za kritických podmínek z neprodyšných membrán, což má za následek vznik četných mikrotrhlin nebo mikropórozitu. Tím vznikne membrána nepromokavá, větru vzdorná a zároveň odvádějící vodní páru. Do struktury membrány je začleněná oleofóbní látka, která umožňuje průchod vodní páry, ale zároveň vytváří přirozenou

bariéru, která brání průniku znečišťujících látek, např. olejů, kosmetických přípravků, repelentů aj [17].

Triple Point Ceramic

Mikroporový, polyuretanový, nepromokavý, prodyšný povrch firmy Lowe Alpine. Jedná se o polyuretan s porézními keramickými částicemi k posílení prodyšnosti. Vyrábí se ve třech verzích, 1200, 1400, 1600. Všechny typy těchto membrán jsou nepromokavé a paropropustnostné. Jejich použití se liší ve spojitosti s daným vrchním materiálem [7].

11.2. Hydrofilní (neporézní) membrány

Jejich funkčnost je založena na odlišném principu. Hydrofilní membrána nemá žádné póry, jedná se o zcela bezporézní homogenní povlak. U tohoto druhu membrány je přenos vlhkosti založen na chemicko-fyzikálním principu, kdy se voda na určitou dobu stává součástí membrány (vazba molekul vody na materiál membrány). Jedná se o princip převodu par, který lze pozorovat např. při průběhu výměny látek přes buněčnou membránu živých organismů. Kondenzující voda (pot) na vnitřní straně membrány je rozváděna do vlastního materiálu a chemicky transportována navenek. Výhodou neporézních membrán jsou vysoké hodnoty vodního sloupce (i více než 20 m v.s.), minimální zanášení pórů a lepší možnosti elasticity. Samozřejmě i tento druh membrán má své nevýhody např. prakticky nulový přenos plynů.

Sympatex z modifikovaného PES

Nemikroporová (pevná), nepromokavá, paropropustnostná membrána, která umožňuje tělesnému teplu tlačit pot ven. Vyrábí se jako dvouvrstvý laminát (2L), trojvrstvý laminát (3L) nebo jako volně vložená membrána. Tuto membránu vyrábí firma Akzo a využití nachází v outdoorových výrobcích [7].

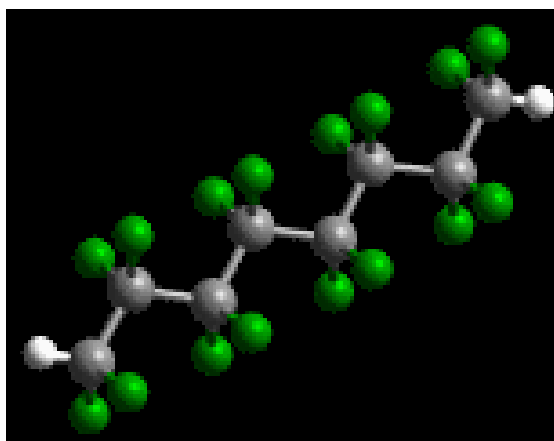
Gelanots XP

Jedná se o hydrofilní (neporézní) membránu. Mezi klady této membrány jistě patří poměrně vysoká paropropustnost minimálně 20 000 g H₂O/m².24 hod a nepromokavost, kde výška vodního sloupce je minimálně 20 000 mm. Zmíněné

vlastností, jsou dány molekulovou strukturou polyuretanu. Tuto membránu vyrábí firma Tomen Corporation pocházející z Japonska [8].

12. Polytetrafluoretylen (PTFE)

Tetrafluorethylen disponuje řadou vynikajících vlastností. Tím je tento materiál předurčen k širšímu využití. Mezi jeho vlastnosti patří nenasákavost, odolnost vůči světlu, stárnutí, křehnutí. Co se týče tetrafluoretylenových mechanických vlastností, jsou v rozmezí (20 - 250 °C), dalo by se říct, že téměř závislé na teplotě (tak, jako např. klasická zahradní umělohmotná hadice). Teplota, při které se tetrafluorethylen rozkládá je 360 °C a hoří teprve při 500 – 560 °C (běžným plastickým hmotám dělá potíže vydržet “pouhých” 100 °C). Má vynikající elektroizolační vlastnosti a navíc je biologicky nezávadný a nemá toxické efekty. Používá se např. v elektrotechnice, při výrobě kabelů, pump, hadic a hadiček pro využití v průmyslu a lékařství [9].



Obr. č. 9 – tetrafluorethylen [9]

13. Polyamid PA6

Polyamidy jsou vyráběny z vysokomolekulárního nebo alkalického polyamidu vytlačováním nebo odléváním (tlakovým litím, což omezuje tvorbu vzduchových bublin uvnitř materiálu). Barva polyamidů je bílá nebo lehce žlutohnědá a černá (plněná grafitem). Polyamidy PA6 - silony lze používat při nejrůznějších aplikacích, kde je využívána zejména tvrdost a vysoká otěruvzdornost, malý koeficient tření a vysoká únosnost. Polyamidy mají velkou škálu využití např. kluzná ložiska, pouzdra, kladky, těsnění, kladky, vodící kolečka, ozubená kola, vodící kroužky, šneky, příruby, řemenice

apod. Mezi vlastnosti polyamidu patří vysoká tvrdost, pevnost a houževnatost, vysoká otěruvzdornost a únosnost, nízký kluzný odpor, dobré elektroizolační vlastnosti, jsou rozpustné v silných kyselinách (např. kyselina mravenčí, octový fenol, chlorovaný fenol). Polyamidy se dají navzájem spojovat lepením nebo svařováním teplem, lze je velmi dobře mechanicky opracovávat na běžných kovoobráběcích strojích soustružením, frézováním, vrtáním a řezáním. Polyamidy odolávají uhlovodíkům, chlorovaným uhlovodíkům, acyklickým alkoholům, ketonům, esterům, éterům, benzínu, minerálním olejům a tukům [10].

14. Polyuretan (PUR)

Polyuretany patří do rozsáhlé skupiny polyesteramidů, tedy polymerů, které jsou z chemického hlediska kombinací polyesterů a polyamidů. Polyuretan, je polymer v jehož opakující se jednotce, je uretanová vazba, jeho uhlovodíkové bloky jsou spojeny vazbami $-O-CO-NH-$. Lze je připravit z různých více funkčních izokyanátů a látek obsahujících hydroxilové skupiny. Nejvýznamnější jsou polyuretany vyráběné polyadici hexamethylendiizokyanátu a 1,4 butylenglykolu. Tyto polyuretany jsou technicky nejsnáze přístupné a jsou vyráběny ze směsi obou složek buď přímo, nebo v prostředí rozpouštědla. Při variantě s rozpouštědlem, je uvolňované teplo, při exotermické reakci, snáze odváděno.

Ve srovnání s polyamidy mají polyuretany nižší navlhavost, lepší elektroizolační vlastnosti a větší odolnost vůči vodě, kyselinám a povětrnosti. Při běžné teplotě jsou polyuretany rozpustitelné pouze ve fenolech a kyselinách mravenčí a sírové. Zpracovávají se vstřikováním, lisováním a zvlákňováním [18, 19].

Experimentální část

15. Příprava polyuretanového zátěru

Polyuretanový zátěr, aplikovaný na nanovláknennou vrstvu, byl vyroben smícháním Polyuretanu (PUR) s dimethylformamidem (DMF) ve třech různých poměrech:

1. 10g PUR na 5g DMF
2. 10g PUR na 5g DMF
3. 10g PUR na 20g DMF

Polyuretanový zátěr byl míchán v odvětrávané místnosti za použití skleněné tyčinky. Takto vytvořený zátěr nesmí přijít do kontaktu s vodou.

15.1. N, N - dimethylformamid

N, N – **dimethylformamid** je bezbarvá kapalina, mísitelná s vodou a organickými rozpouštědly, obvykle se používá ve formě vodného roztoku. N, N - dimethylformamid je hořlavý a se zápachem po amoniaku. Jedná se o pomalu se odpařující rozpouštědlo, které je zařazeno do skupiny žíravín – dráždí kůži a sliznici. Používá se jako rozpouštědlo plastických hmot, barviv, anorganických solí a podobně [21].

16. Nanášení polyuretanového zátěru na podkladovou textilií a nanovláknennou vrstvu.

Pro nanášení polyuretanového zátěru, bylo potřeba připravit vzorky materiálu. Tyto vzorky, ať už vrchní tkaniny či nanovláknenné vrstvy, byly o rozměrech 17x17 cm. Celkem pro nanášení zátěru bylo potřeba vytvořit 9 vzorků podkladové textilie a 9 vzorků nanovláknenné vrstvy. Tyto vzorky byly rozděleny po třech, pro nanášení tří různých koncentrací polyuretanového zátěru viz bod 1. experimentu. Jednotlivé vzorky byly označeny čísly, pro pozdější rozeznání. Polyuretanový zátěr se na takto připravené vzorky nanášel ručně pomocí štětce. Jako podklad pod nanovláknennou vrstvu i podkladovou textilií byl použit pečicí papír, který po usušení zátěru byl bez problému ze vzorků odejmut. Sušení nanesených zátěrů bylo prováděno v sušící troubě při teplotě 100°C.

17. Laminace nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem k podkladové textilii.

Laminace nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem k podkladové textilii byla prováděna po úplném zaschnutí polyuretanového zátěru na nanovláknenné vrstvě. Podkladová textilie byla bez zátěru, pokryta několika laminačními body. Laminovány byly tři vzorky o velikosti 17x17 cm. Laminace probíhala na laminačním stroji při dodržení daného tlaku, teploty a času viz tab. 1.

Tab. 1 Podmínky laminace

Tlak [P]	1,5kg/cm ²
Teplota [°C]	130°C
Čas [t]	22s

18. Paropropustnost

Paropropustnost a její samotné měření již byli popsány v teoretické části v kapitole 6. Tato kapitola se již bude věnovat pouze praktické části měření. Paropropustnost je měřena na stroji zvaném Permetest. Při samotné měření na přístroji musí být dodrženo pořadí daných úkonů.

1. kalibrace samotného přístroje
2. změření referenčního vzorku (musí být dosaženo hodnoty $Ret\ 5,0\ Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$)
3. samotné měření daných vzorků

Samotné měření na Permetestu probíhá tak, že připravený vzorek je položen na měřicí hlavici, která je opatřena porézní vrstvou - membránou. Před samotným měřením, musí být překontrolováno, jestli není porézní vrstva poškozena. Poškozením by bylo samotné měření znehodnoceno. Měřený vzorek musí být pevně uchycen mezi hlavou a tělem přístroje. Vzorek musí být napnut tak, aby se na něm nevytvořil ohyb či vzduchová bublina, která by opět znehodnotila měření. Po nějakém čase (je dán typem materiálu) se na monitoru počítače, který je propojen s Permetestem, objeví dvě hodnoty. Tyto hodnoty určují:

- a) relativní propustnost pro vodní páry v %
- b) výparný odpor pro vodní páry $Ret\ Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$

Na Permetestu bylo provedeno pět sérií měření, kde na každém vzorku bylo měřeno třikrát. Všechny naměřené vzorky měly velikost 17x17 cm.

První sérií měření bylo měření podkladové textilie bez polyuretanového zátěru. Naměřené výsledky z tohoto experimentu jsou uvedeny v tab. 2.

Druhá série měření byla zaměřena na paropropustnost nanovlákněné vrstvy bez zátěru. Naměřené výsledky z tohoto experimentu jsou uvedeny v tab. 3.

Třetí série měření se věnovala měření paropropustnosti nanovlákněné vrstvy s polyuretanovým zátěrem. U tohoto měření byly měřeny tři různé koncentrace polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. Výsledkem měření bylo zjištěno že vzorek číslo 3. 10g PUR na 20g DMF disponuje nejvyšší paropropustností. Naměřené výsledky jsou také uvedeny v tab. 4.

Čtvrtá série měření se věnovala měření paropropustnosti podkladové textilie s polyuretanovým zátěrem. I u tohoto měření bylo nutné proměřit tři různé koncentrace polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. V tomto případě byl jako nejparopropustnější vyhodnocen opět vzorek číslo 3. 10g PUR na 20g DMF. Výsledky získané z tohoto měření jsou opět uvedeny v tab. 5.

Pátá a poslední série měření, byla věnována paropropustnosti laminátu nanovlákněné vrstvy s polyuretanovým zátěrem a podkladovou textilií. Opět díky použití nanovlákněné vrstvy s polyuretanovým zátěrem, bylo nutné proměřit tři různé koncentrace polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. Při tomto měření bylo zjištěno, že vzorek číslo 3. 10g PUR na 20g DMF je nejparopropustnější. I tyto získané výsledky jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 2 Vzorek podkladového materiálu

vzorek	%	$\text{Pa.m}^2.\text{w}^{-1}$
1.	86,5	0,8
2.	87,4	0,8
3.	85,7	0,9

Tab. 3 vzorek nanovlákněné vrstvy bez polyuretanového zátěru

vzorek	%	$\text{Pa.m}^2.\text{w}^{-1}$
1.	100	0,0
2.	100	0,0
3.	100	0,0

Tab. 4 Vzorek nanovlákněné vrstvy s polyuretanovým zátěrem

vzorek	%	Pa.m ² .W ⁻¹
1.1	4,3	115,7
1.2	5,3	90,9
1.3	4,7	102,3
2.1	5,0	97,2
2.2	5,9	80,7
2.3	5,1	95,4
3.1	7,1	68,2
3.2	6,0	79,0
3.3	7,2	66,0

Tab. 5 Vzorek textilie s polyuretanovým zátěrem

vzorek	%	Pa.m ² .W ⁻¹
1.1	6,0	86,6
1.2	4,7	113,1
1.3	7,3	72,2
2.1	38,7	8,8
2.2	25,3	16,4
2.3	32,5	11,5
3.1	51,6	5,2
3.2	45,5	6,6
3.3	52,6	5,1

Tab. 6 Laminát

vzorek	%	Pa.m ² .W ⁻¹
1.1	7,3	78,0
1.2	7,0	77,6
1.3	7,1	77,9
2.1	6,8	75,8
2.2	6,9	76,0
2.3	6,6	75,6
3.1	6,1	73,5
3.2	5,9	73,2
3.3	6,3	73,8

19. Hodnocení propustnosti vzduchu textilií

Definice prodyšnosti je uváděna jako rychlost proudu vzduchu kolmo procházejícího plochou skutečného vzorku při stanovení tlakového spádu a času [2].

Princip stroje spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu mezi oběma povrchy testované textilie, v tomto případě nanovláknenné membrány se zátěrem a měření takto vyvolaného průtoku vzduchu. Testovaný vzorek byl o rozměrech 17x17 cm. Propustnost membrány byla vyjádřena v $\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$. Po tomto měření byl naměřen výsledek s nulovou propustností membrány se zátěrem=100% nepropustnost vzduchu.

Pro určení prodyšnosti vzorků, bylo opět provedeno pět sérií měření a každý vzorek byl přeměřen třikrát, stejně jako v bodě 4. Měření se provádělo pro:

Podkladovou textilií bez polyuretanového zátěru, výsledky experimentu jsou uvedeny v tab. 7.

Nanovláknennou vrstvu bez polyuretanového zátěru, výsledky experimentu jsou uvedeny v tab. 8.

Nanovláknennou vrstvu s polyuretanovým zátěrem. Zde se jednalo o změření tří různých koncentrací polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. V tomto případě byla propustnost vzduchu materiálem u všech koncentrací polyuretanového zátěru 0. Výsledky experimentu jsou uvedeny v tab. 9.

Podkladovou textilií s polyuretanovým zátěrem. Také u tohoto experimentu bylo nutno proměřit tři různé koncentrace polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. Zde byl jako nejprodyšnější vyhodnocen vzorek číslo 3. 10g PUR na 20g DMF. Výsledky experimentu jsou uvedeny v tab. 10.

Laminát nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem a podkladovou textilií. Samozřejmě i zde bylo nutno proměřit tři různé koncentrace polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. U tohoto měření prodyšnosti, vyšla prodyšnost u všech měřených vzorků 0. Výsledky experimentu jsou uvedeny v tab. 11.

Tab. 7 Vzorek podkladové textilie

vzorek	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]				
	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření
1.	81,3	79,5	80,7	80,6	80,5
2.	84,0	82,5	81,4	82,8	83,1
3.	81,4	80,5	78,0	79,9	80,7

Tab. 8 Vzorek nanovláknenné vrstvy bez polyuretanového zátěru

vzorek	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]				
	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření
1.	6,63	6,74	6,73	6,84	6,68
2.	6,91	6,78	6,82	6,75	6,64
3.	6,88	7,03	6,90	6,73	7,09

Tab. 9 Vzorek nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem

vzorek	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]				
	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření
1.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tab. 10 Vzorek podkladové textilie s polyuretanovým zátěrem

vzorek	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]				
	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření
1.1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.1	26,3	27,2	26,8	27,0	26,5
2.2	27,4	27,8	28,6	28,2	27,9
2.3	28,4	28,7	27,4	28,1	27,0
3.1	54,0	52,8	51,3	50,5	53,9
3.2	53,7	50,6	52,4	53,4	52,2
3.3	53,8	53,2	52,8	50,7	51,6

Tab. 11 Laminát

vzorek	Prodyšnost [$\text{l/m}^2/\text{s}$]				
	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření
1.1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2.3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3.3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

20. Hydrostatická odolnost textilií

Důležitost v provedení této zkoušky je v tom, že je nutno zjistit do jaké míry jsou dané vzorky odolné vůči tlakovému působení vody. Hydrostatická odolnost materiálu byla měřena podle normy ČSN EN 20811 v podmínkách podle ISO 811. Na daný vzorek působil tlak vody zespod. Testovaná plocha vzorku byla 170 cm^2 . Rychlost zvyšování tlaku vody byla 60 cm vodního sloupce za minutu.

Prvním testovaným vzorkem byla nanovlákněná vrstva bez polyuretanového zátěru. Tento zkušební vzorek disponoval velice malou hydrostatickou odolností. Výsledky získané z tohoto měření jsou uvedeny v tab. 12.

Druhým testovaným vzorkem byla nanovlákněná membrána s polyuretanovým zátěrem. Zde se jednalo o změření tří různých koncentrací polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. S nejlepším výsledkem z tohoto měření vyšel vzorek číslo 1. 10g PUR na 5g DMF. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 13.

Třetím testovaným vzorkem byl vzorek textilie s polyuretanovým zátěrem. U tohoto experimentu se opět jednalo o změření tří různých koncentrací polyuretanového zátěru bod 1. experimentu. Nejvyšší hodnotou a tím i nejlepším výsledkem, pro hydrostatickou odolnost, disponoval vzorek číslo 1. 10g PUR na 5g DMF. Všechny naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 14.

Čtvrtým testovaným vzorkem byl vzorek laminátu vrstvy s polyuretanovým zátěrem a podkladovou textilií. I u tohoto experimentu bylo zapotřebí změřit tři různé druhy

polyuretanových zátěrů. Z tohoto měření byl opět nejlépe vyhodnocen vzorek číslo 1. 10g PUR na 5g DMF. Opět jsou všechny naměřené hodnoty uvedeny v tab. 15.

Tab. 12 Nanovlakenná vrstva bez polyuretanového zátěru

vzorek	cm
1.	14
2.	15
3.	14

Tab. 13 Nanovlakenná vrstva s polyuretanovým zátěrem

vzorek	cm
1.1	2 105
1.2	2 181
1.3	2 215
2.1	1 952
2.2	1 943
2.3	1 810
3.1	1 674
3.2	1 509
3.3	1 627

Tab. 14 Vzorek podkladového materiálu s polyuretanovým zátěrem

vzorek	cm
1.1	36,1
1.2	35,7
1.3	35,2
2.1	26,7
2.2	25,5
2.3	25,8
3.1	15,8
3.2	16,2
3.3	16,0

Tab. 15 Laminát

vzorek	cm
1.1	2 954
1.2	2 937
1.3	2 941
2.1	2 789
2.2	2 774
2.3	2 785
3.1	1 932
3.2	2 020
3.3	1 971

Zhodnocení výsledků

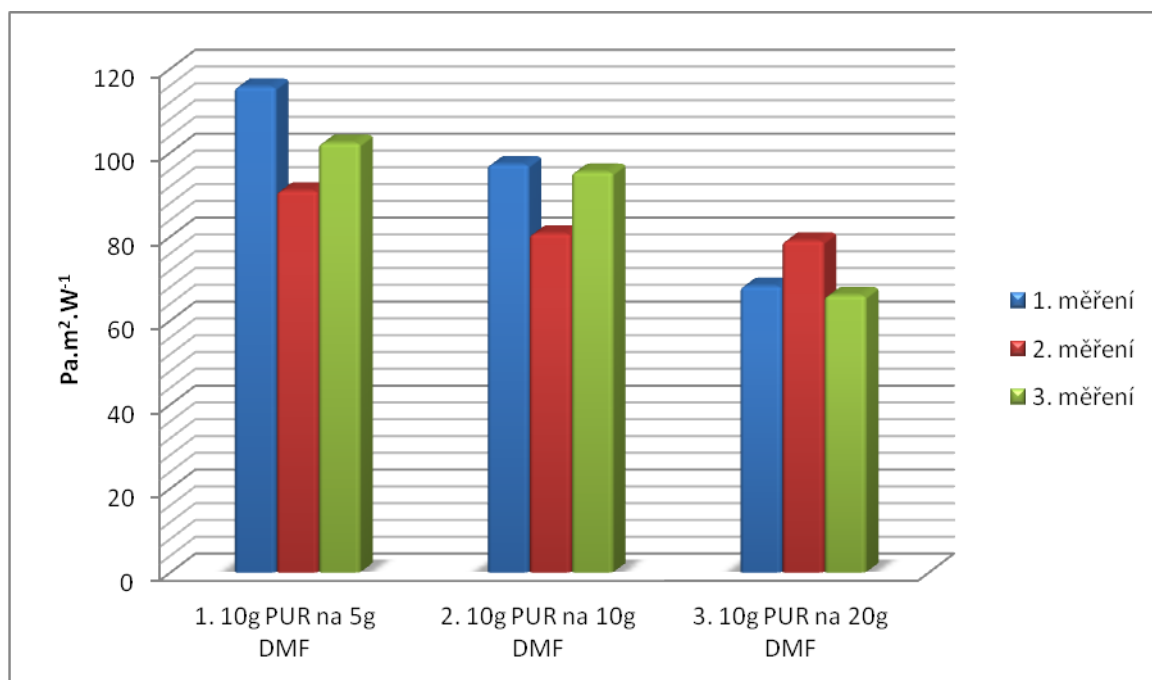
Při hodnocení výsledků, je využito analýzy rozptylu. Tato analýza je pro bližší pochopení popsána níže. Dále jsou výsledky experimentu zaznamenány do grafické podoby. Grafická podoba výsledků, je použita pouze u vzorků s polyuretanovým zátěrem ,které byli pro tento experiment stěžejní.

Analýza variance=rozptylu jednofaktorová – ANOVA

Touto statistickou metodou lze zjistit, jestli mezi dvěma a více metrickými proměnnými, jsou významné rozdíly. U této metody nejsou přímo srovnávány aritmetické průměry, ale rozptyly. Rozptyly jsou přesnější v charakterizování „blízkosti“ či „rozptýlenosti“ dat kolem aritmetického průměru. K posouzení poměru rozptylů se využívá tzv. F-test:

$$F = \frac{\text{rozptyl „mezi“ skupinami}}{\text{rozptyl „uvnitř“ skupin}} \quad \text{zde platí, že při } F \geq 4 \text{ je } p \leq 0,05 \text{ [22]}$$

21. Paropropustnost



Obr. č. 10 - nanovláknenná vrstva s polyuretanovým zátěrem

Tab. 16 Anova: jeden faktor

Faktor

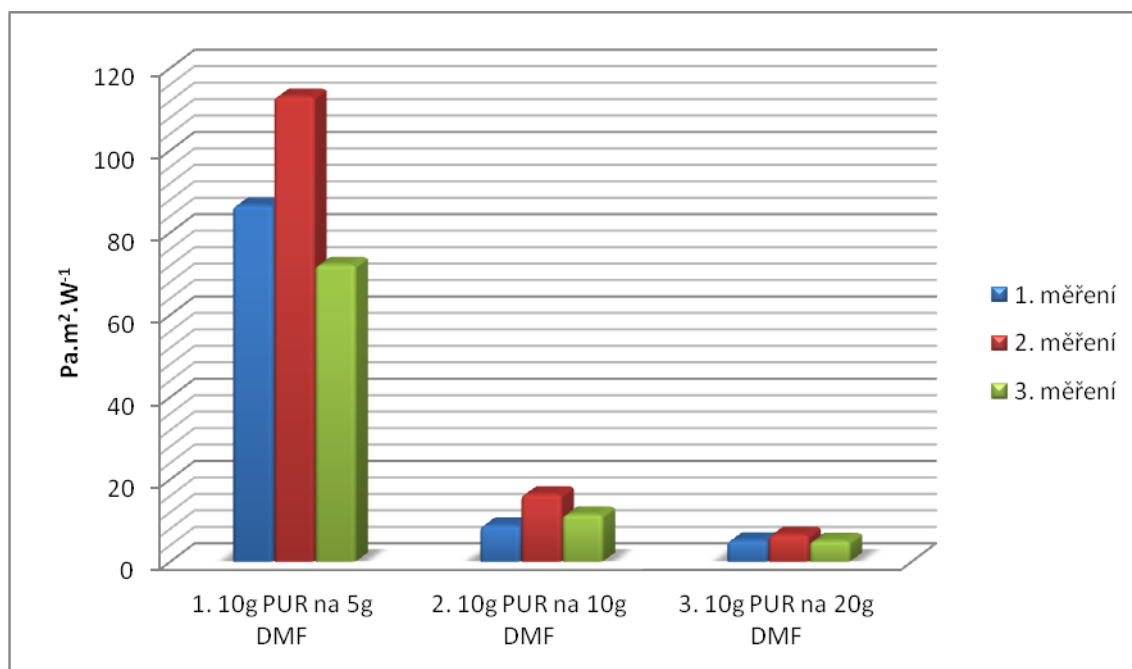
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	3	308,9	102,9667	154,0933
2. vzorek	3	273,3	91,1	81,93
3. vzorek	3	213,2	71,06667	48,41333

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	1559,762	2	779,8811	8,225534	0,019087	5,143253
Všechny výběry	568,8733	6	94,81222			
Celkem	2128,636	8				

Na obr. č. 10 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Z grafu vyplývá, že vzorek nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem o koncentraci 10g PUR na 5g DMF dosáhl nejvyšších hodnot: $Ret\ 115,7\ Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$. Tato skutečnost, jasně určuje, vzorek s koncentrací polyuretanového zátěru 10g PUR na 5g DMF, jako nejméně paropropustným. Jelikož mají naměřené hodnoty mezi sebou velké rozdíly,

nebylo zde možné provést aritmetický průměr. Pro zhodnocení výsledků bylo využito jednofaktorové analýzy tab. 16. Zde je pro nás rozhodující hodnota $P = 0,019087$. Jak již bylo řečeno, zde platí vztah při $F \geq 4$ je $p \leq 0,05$, je zde významný rozdíl mezi hodnotami.



Obr. č. 11 - vzorek textilie s polyuretanovým zátěrem

Tab. 17 Anova: jeden faktor

Faktor

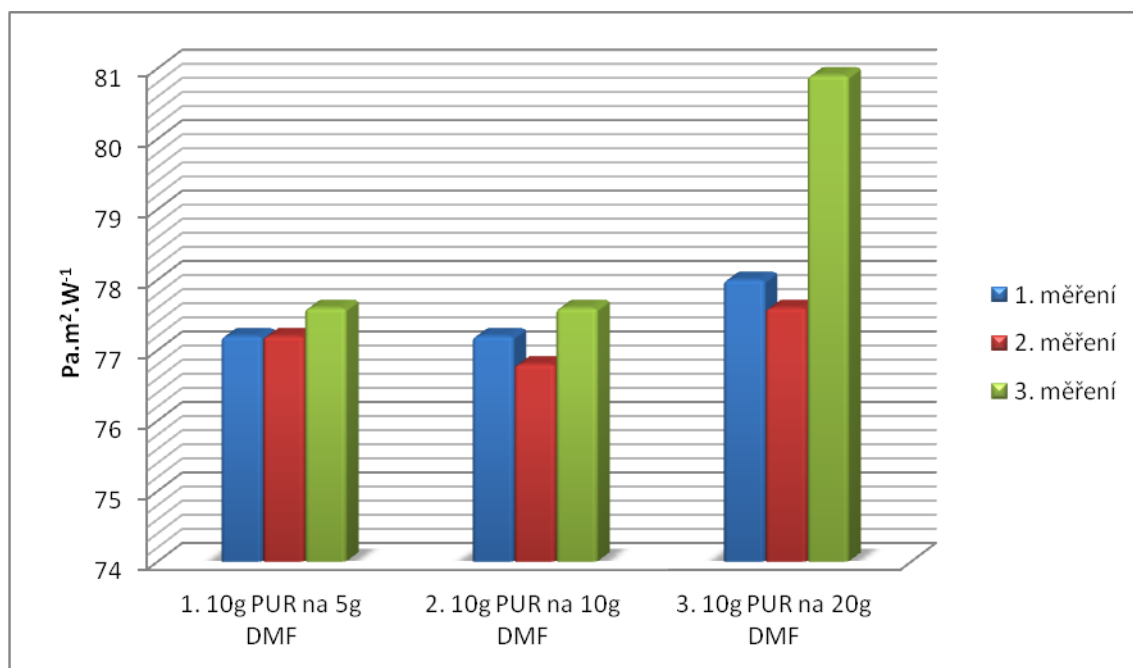
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	3	271,9	90,63333	430,4033
2. vzorek	3	36,7	12,23333	14,84333
3. vzorek	3	16,9	5,63333	0,70333

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	13415,12	2	6707,56	45,12318	0,000242	5,143253
Všechny výběry	891,9	6	148,65			
Celkem	14307,02	8				

Na obr. č. 11 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Z grafu je zřejmé, že vzorek textilie s polyuretanovým zátěrem o koncentraci 10g PUR na 5g DMF dosáhl nejvyšších hodnot: $Ret\ 113,1\ Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$. Z toho plyne, že vzorek

s koncentrací polyuretanového zátěru 10g PUR na 5g DMF, se stává nejméně paropropustným. Pro velké rozdíly mezi naměřenými hodnotami, zde opět nebylo možné, provést aritmetický průměr. Pro zhodnocení výsledků bylo využito jednofaktorové analýzy tab. 17. Rozhodující hodnota $P = 0,000242$, je opět nižší než 0,05 a tím se rozdíl mezi hodnotami, řadí mezi významné.



Obr. č. 12 – laminát

Tab. 18 Anova: jeden faktor

Faktor

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	3	233,5	77,83333	0,043333
2. vzorek	3	227,4	75,8	0,04
3. vzorek	3	220,5	73,5	0,09

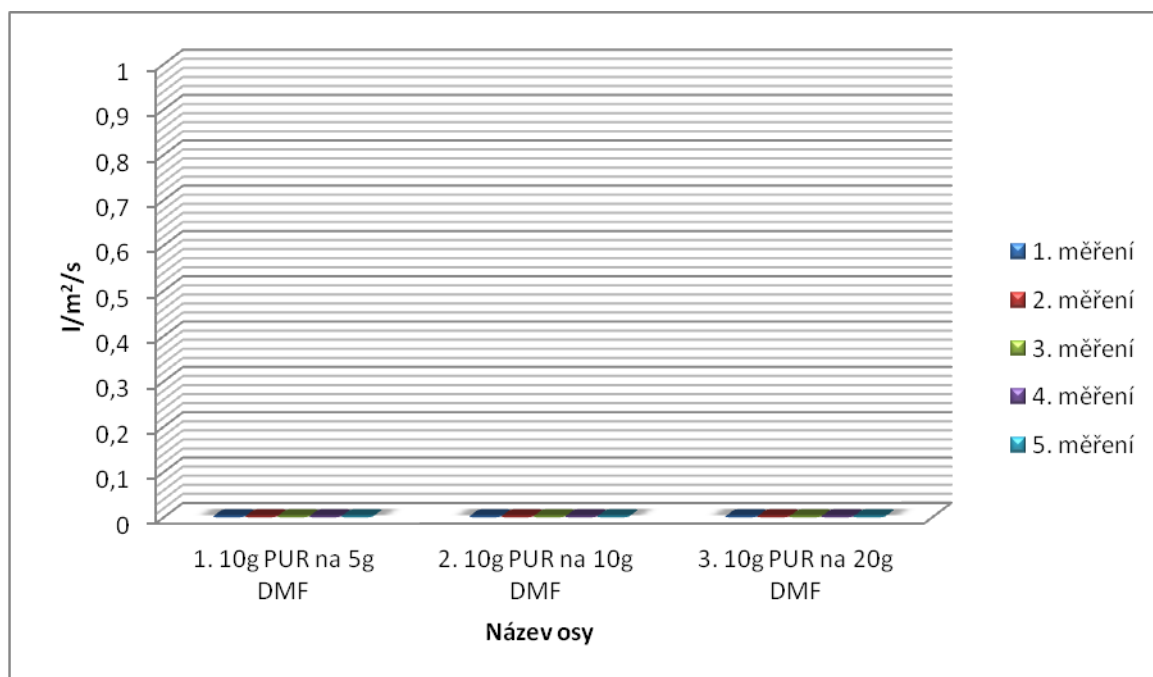
ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	28,20222	2	14,10111	244,0577	1,79E-06	5,143253
Všechny výběry	0,346667	6	0,057778			
Celkem	28,54889	8				

Na obr. č. 12 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Z grafu je zřejmé, že vzorek laminátu textilie a nanovlákně vrstvy s polyuretanovým zátěrem o koncentraci 10g PUR na 5g DMF dosáhl opět nejvyšších hodnot: $Ret\ 78,0\ Pa \cdot m^2 \cdot W^{-1}$. Z tohoto výsledku je jasné, že vzorek s koncentrací polyuretanového zátěru 10g PUR na

5g DMF, se stává nejméně paropropustným. Pro velké rozdíly mezi naměřenými hodnotami, zde opět nebylo možné, provést aritmetický průměr. Pro zhodnocení výsledků bylo využito jednofaktorové analýzy tab. 18. Rozhodující hodnota $P = 1,79E-06$, je opět nižší než 0,05 a tím se rozdíl mezi hodnotami, řadí mezi významné.

22. Prodyšnost



Obr. č. 13 - vzorek nanovlákněné vrstvy s polyuretanovým zátěrem

Tab. 19 Anova: jeden faktor

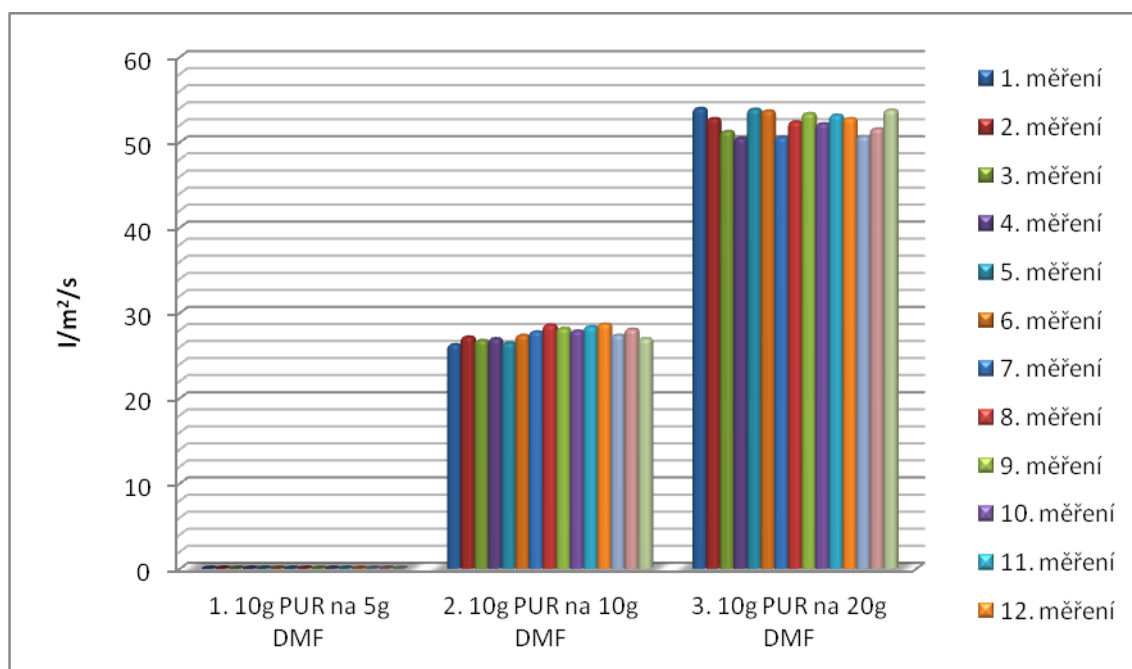
Faktor

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	5	0	0	0
2. vzorek	5	0	0	0
3. vzorek	5	0	0	0

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0	2	0	65535	#NUM!	3,885294
Všechny výběry	0	12	0			
Celkem	0	14				

Na obr. č. 12 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Při tomto měření byla prodyšnost nanovlákněné vrstvy s polymerovým zátěrem ve všech případech nulová. Jak plyne i z tab. 19 i analýza těchto výsledků je nulová.



Obr. č. 14 - vzorek podkladové textilie s polyuretanovým zátěrem

Tab. 20 Anova: jeden faktor

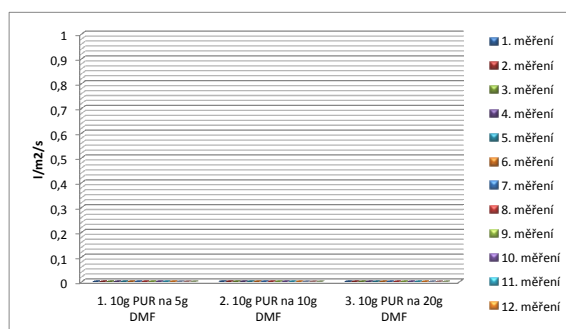
Faktor

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	15	0	0	0
2. vzorek	15	413,3	27,55333	0,575524
3. vzorek	15	786,9	52,46	1,571143

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	20657,9	2	10328,95	14434,87	2,54E-60	3,219942
Všechny výběry	30,05333	42	0,715556			
Celkem	20687,95	44				

Na obr. č. 14 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Z grafu se velice jasně dá vyčíst, který ze zátěrů disponuje nejvyšší prodyšností. Vzorek podkladové textilie s polyuretanovým zátěrem při koncentraci 10g PUR na 5g DMF dosáhl opět nejvyšších hodnot. I u tohoto vzorku je provedena jednofaktorová analýza tab. 20, která jasně určila, že rozdíl mezi naměřenými hodnotami je významný $P = 2,54E-60$.



Obr. č. 15 – laminát

Tab. 21 Anova: jeden faktor

Faktor

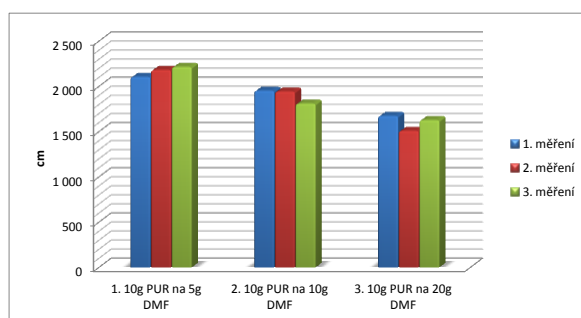
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	5	0	0	0
2. vzorek	5	0	0	0

3. vzorek	5	0	0	0
-----------	---	---	---	---

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0	2	0	65535	#NUM!	3,885294
Všechny výběry	0	12	0			
Celkem	0	14				

Na obr. č. 15 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Při tomto měření byla prodyšnost nanovláknenné vrstvy s polymerovým zátěrem ve všech případech nulová. Tento fakt je potvrzen výsledky z jednofaktorové analýzy tab. 21, kde $P = \#NUM!$.

23. Hydrostatická odolnost

Obr. č. 16 - nanovláknenná vrstva s polyuretanovým zátěrem

Tab. 22 Anova: jeden faktor

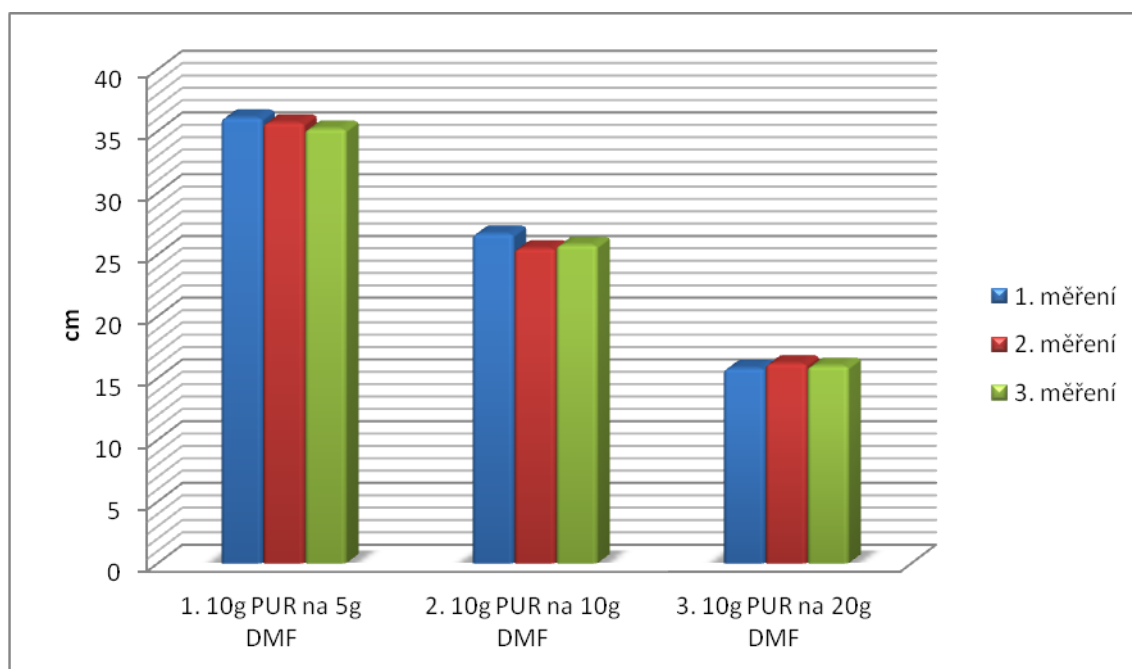
Faktor

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	3	6501	2167	3172
2. vzorek	3	5705	1901,667	6322,333
3. vzorek	3	4810	1603,333	7226,333

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	477124,7	2	238562,3	42,80254	0,000281	5,143253
Všechny výběry	33441,33	6	5573,556			
Celkem	510566	8				

Na obr. č. 16 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Zde se dá vyčíst, že vzorek nanovlákněné vrstvy s polyuretanovým zátěrem o koncentraci 10g PUR na 5g DMF dosáhl při měření nejvyšších hodnot hydrostatické odolnosti – 2 215cm. Rozhodující hodnota $P = 1,79E-06$, je opět nižší než 0,05 a tím se rozdíl mezi hodnotami, řadí mezi významné tab. 22.



Obr. č. 17 - vzorek podkladového materiálu s polyuretanovým zátěrem

Tab. 23 Anova: jeden faktor

Faktor

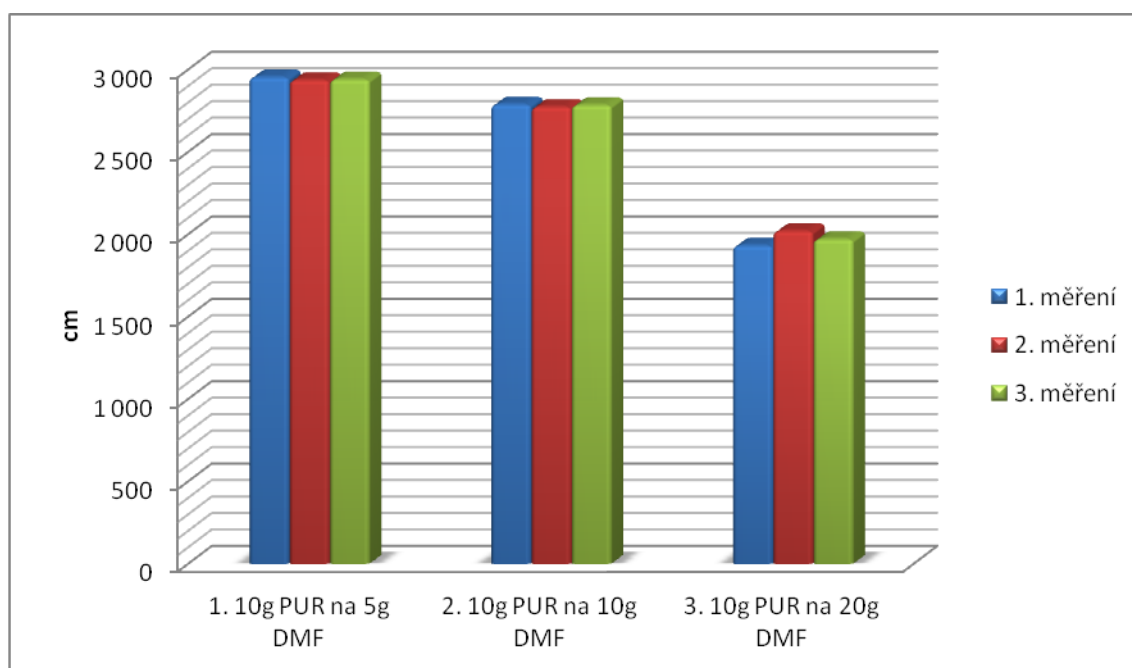
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	3	107	35,66667	0,203333
2. vzorek	3	78	26	0,39
3. vzorek	3	48	16	0,04

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	580,2222	2	290,1111	1374,211	1,03E-08	5,143253
Všechny výběry	1,266667	6	0,211111			
Celkem	581,4889	8				

Na obr. č. 17 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Z těchto grafů jasně plyne, že vzorek podkladového materiálu s polyuretanovým zátěrem o koncentraci 10g PUR na 5g DMF dosáhl nejvyšších hodnot. Přesto jeho hydrostatická

odolnost byla pouze 36,1cm. Rozhodující hodnota $P = 1,03E-08$, opět ukazuje na významný rozdíl mezi naměřenými hodnotami tab. 23.



Obr. č. 18 – laminát

Tab. 24 Anova: jeden faktor

Faktor

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl
1. vzorek	3	8832	2944	79
2. vzorek	3	8348	2782,667	60,33333
3. vzorek	3	5923	1974,333	1944,333

ANOVA

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	1619685	2	809842,3	1165,986	1,69E-08	5,143253
Všechny výběry	4167,333	6	694,5556			
Celkem	1623852	8				

Na obr. č. 18 jsou graficky znázorněny hodnoty naměřené při experimentu. Tento graf je posledním grafem této práce a je z něj zcela jasně patrné, že laminát textilie a

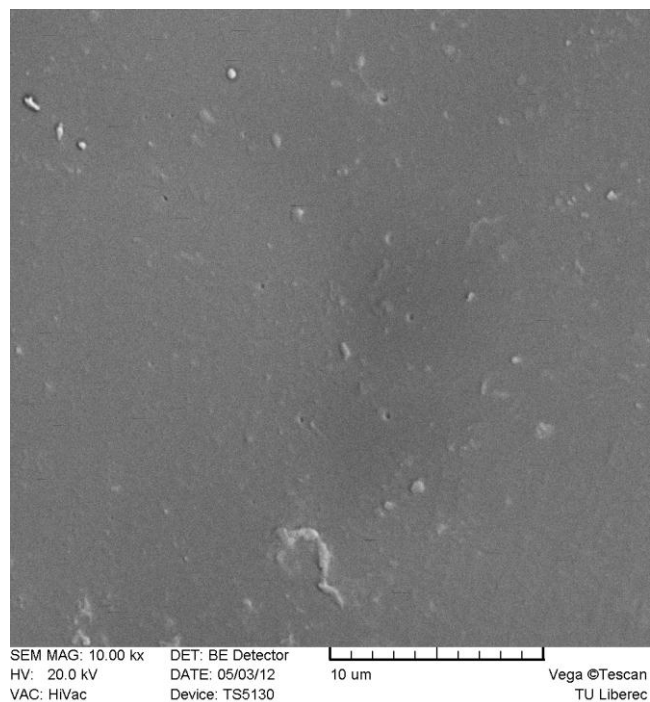
nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem, dosáhl naprosto výborných hodnot. Nejlepších výsledků dosáhl zátěr o koncentraci 10g PUR na 5g DMF, který se dostal až na hodnotu 2 954 cm. Při jednofaktorové analýze byla hodnota $P = 1,69E-08$, tudíž i zde je významný rozdíl mezi naměřenými hodnotami tab. 24.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření polyuretanového zátěru na nanovláknenné vrstvě. Jak již bylo řečeno v úvodu, pro možnosti porovnání polyuretanového zátěru, byly vytvořeny tři druhy koncentrací. Tyto zátěry byly nanášeny, jak na podkladovou textilií, tak na nanovláknennou vrstvu. Poté se z podkladového materiálu a nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem byl vytvořen laminát. Před, i po těchto úpravách, byly provedeny tři zkoušky, zjišťující vlastnosti materiálů. Zkouška z paropropustnosti, prodyšnosti a hydrostatické odolnosti.

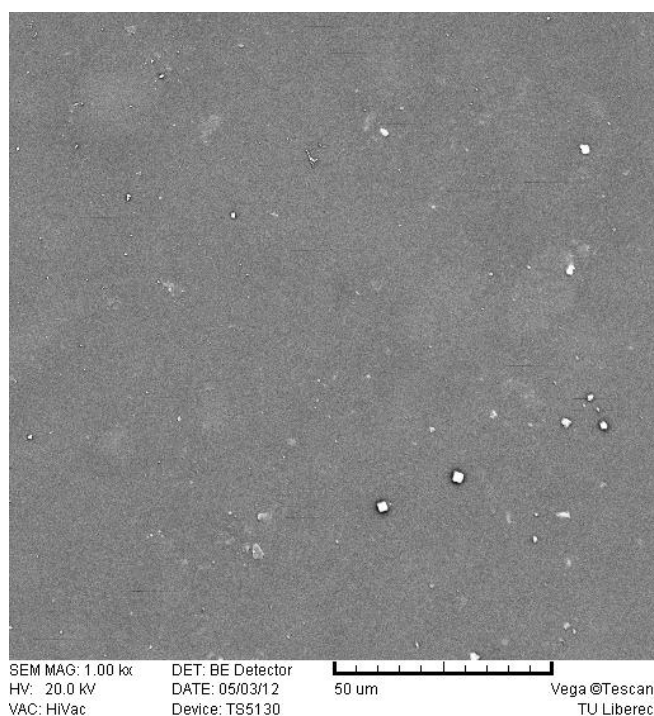
Z naměřených výsledků experimentu je zřejmé, že čím vyšší byla koncentrace polyuretanu v zátěru, tím vyšší byla hydrostatická odolnost. Měření hydrostatické odolnosti laminátu podkladové textilie a nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem, při koncentraci polyuretanového zátěru 10g PUR na 5g DMF, vystoupalo až k hodnotě 29,54 m. Tato hodnota hydrostatické odolnosti je výborný výsledek, avšak vysoké hodnoty hydrostatické odolnosti, byly na úkor paropropustnosti a především prodyšnosti, která se při koncentraci polyuretanového zátěru 10g PUR na 5g DMF, stala nulovou. Z toho je zřejmé, že čím je vyšší koncentrace polyuretanu v zátěru, tím se snižují vlastnosti materiálu týkající se paropropustnosti a prodyšnosti.

Na obr. č. 19 je vidět laminát textilie a nanovláknenné vrstvy s polyuretanovým zátěrem o koncentraci 10g PUR na 5g DMF. Právě tento laminát dosáhl tak výborných hodnot hydrostatické odolnosti.

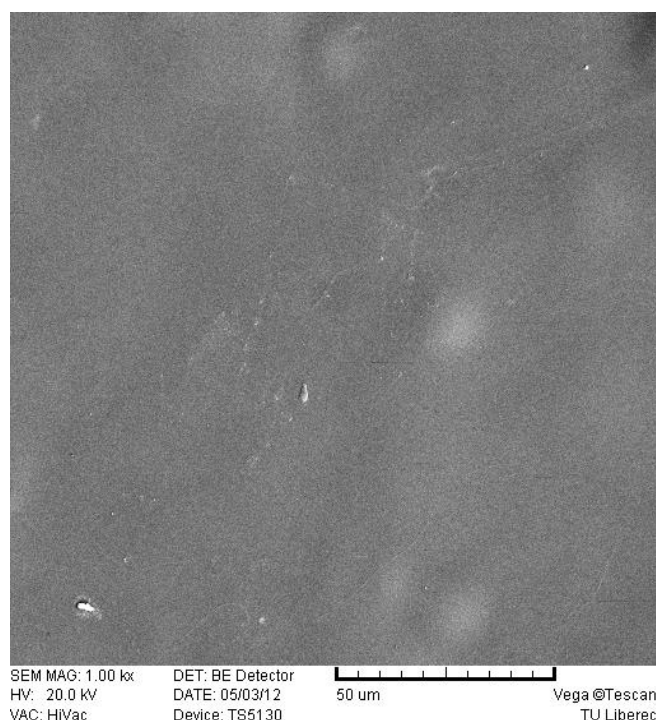


Obr. č. 19 – laminát, koncentrace zátěru 10g PUR na 5g DMF

Obr. č. 20 a 21 je ukázkou dalších dvou laminátů, tentokrát o koncentraci zátěru 10g PUR na 10g DMF a 10g PUR na 20g DMF. I u těchto laminátů vycházela hydrostatická odolnost ve velice slušných hodnotách.



Obr. č. 20 – laminát, koncentrace zátěru 10g PUR na 10g DMF



Obr. č. 21 – laminát, koncentrace zátěru 10g PUR na 20g DMF

Aplikace zátěru byla prováděna manuálně malířským štětcem. Díky tomuto způsobu aplikace zátěru, nebylo možné, dosáhnou naprosto rovnoměrného nánosu zátěrů a tím i velké odchylky výsledků jednotlivých druhů zátěru. Pro příští experimenty, týkající se aplikace tohoto zátěru, bych doporučovala spíše použití válečku nebo podobného aplikátoru, který zaručí rovnoměrnější nános zátěru na materiál.

Přestože není ekonomické tento druh zátěru průmyslově aplikovat, budou zajisté tyto poznatky do budoucna přínosem. Například přidáním hydrofilních skupin do zátěru, by mohla vzniknout hydrofilní membrána, což by stálo za úvahu a popřípadě další experiment. Zvláště v dnešní době, kdy je oudorové oblečení v rozkvětu a nanovlákná si zajisté v blízké budoucnosti začnou hledat svá uplatnění a využití ve všech odvětvích.

Použitá literatura:

- [1] *Usměrnování nanovláken* [online] [cit.2011-04-24]. Dostupné z:
<<http://3pol.cz/1079-usmernovani-nanovlaken>>
- [2] HES, L., SLUKA, P.: Úvod do komfortu textilií, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005
- [3] *Vodní sloupec* [online] [cit.2011-04-24]. Dostupné z:
<<http://www.outdoor-shop.cz/slovník-pojmu/vodni-sloupec>>
- [4] *Zátěr a membrána* [online] [cit.2011-04-28]. Dostupné z:
<<http://www.outdoorguide.cz/zater-a--membrana-40.html>>
- [5] *Dvouvrstvý, třívrstvý a 2,5 vrstvý laminát* [online] [cit.2011-04-29]. Dostupné z:
<<http://www.highpoint.cz/rady-a-tipy/slovník-pojmu/dvouvrstvy-trivrstvy-a-25-vrstvy-laminat.html>>
- [6] *Víte, co si oblékáte? I.* [online] [cit.2011-04-27]. Dostupné z:
<<http://www.svetoutdooru.cz/clanek/?107711-vite,-co-si-oblekate?-i.>>
- [7] *Slovník látek, materiálů a pojmů sportovní výstroje a výzbroje III.* [online] [cit.2011-05-02]. Dostupné z:
<<http://www.casopisdobrodruh.cz/archiv/0397.pdf>>
- [8] *Membrána Gelanots XP* [online] [cit.2011-05-02]. Dostupné z:
<<http://www.penguin-sport.cz/gelanots/htmls/gelanots.html>>
- [9] *Teflon* [online] [cit.2011-05-04]. Dostupné z:
<<http://www.quido.cz/objevy/teflon.htm>>
- [10] *Polyamidy* [online] [cit.2011-05-07]. Dostupné z:
<[http://www.rempo.cz/oddeleni/153/Polyamidy-\(PA6-Alkamid\)---silony-desky.aspx](http://www.rempo.cz/oddeleni/153/Polyamidy-(PA6-Alkamid)---silony-desky.aspx)>
- [11] *Technologie Nanospider™* [online] [cit.2011-05-01]. Dostupné z:
<<http://www.elmarco.com/technologie/technologie-nanospider%3Csup%3Etm%3Csup%3E/>>
- [12] TU v Liberci: Způsob výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním a zařízení k provádění způsobu, CZ Patent 294274, 2003-2421
- [14] RŮŽIČKOVÁ, J.: Elektrostatické zvlákňování nanovláken, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2004

- [15] *Elektrostatické zvlákňování připravených roztoků na třech typech uspořádání „elektrospinnerů“* [online] [cit.2011-05-12]. Dostupné z:
<http://www.ft.tul.cz/depart/knt/nanotex/Návod%20na%204.cvičení_TNA%20.pdf>
- [16] *Zátěry – finální úpravy* [online] [cit.2011-05-12]. Dostupné z:
<http://www.ft.tul.cz/depart/kde/studium/predmetyPRILOHY/6_sport0.pdf>
- [17] *Materiál gore-tex®* [online] [cit.2011-05-18]. Dostupné z:
<http://www.gore-tex.cz/remote/Satellite?c=fabrics_cont_land_c&childpagename=goretex_cs_CZ%2Ffabrics_cont_land_c%2FFabricTechnologiesLandingSEO&cid=1183947839917&p=1183947842901&pagename=SessionWrapper>
- [18] Dombrow, B. A.: Polyuretany, SNTL, Praha 1961
- [19] Ducháček V.: Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování,, použití, Vysoká škola chemicko – technologická v Praze, Praha 2006
- [20] JIRSÁK, O., KALINOVÁ, K.: Netkané textilie, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2003
- [21] *Dimethylformamid* [online] [cit.2011-05-18]. Dostupné z:
<<http://leccos.com/index.php/clanky/dimethylformamid>>
- [22] *Analýza variance=rozptylu (jednofaktorová – ANOVA; vícefaktorová – MANOVA)* [online] [cit.2011-05-25]. Dostupné z:
<<http://files.cfkr.eu/200000080-0f29110223/ZAKLADYstatistikySKRIPTA2.pdf>>

Příloha č. 1 - Váha

Vzorky textilie

vzorek	Vzorek [g]	
	Před impregnací	Po impregnaci
1.1	2,30	3,30
1.2	2,55	3,48
1.3	2,28	3,40
2.1	2,45	2,94
2.2	2,10	2,94
2.3	2,40	2,87
3.1	2,48	2,75
3.2	2,30	2,86
3.3	2,28	2,80

Vzorky nanovláknenné vrstvy

vzorek	Vzorek [g]	
	Před impregnací	Po impregnaci
1.1	2,76	3,53
1.2	2,74	3,56
1.3	2,71	3,63
2.1	2,79	3,24
2.2	2,83	3,43
2.3	2,78	3,43
3.1	2,75	3,09
3.2	2,75	3,03
3.3	2,73	3,02

Laminát

vzorek	vzorek [g]
1.	5,78
2.	5,21
3.	5,34